

**Publication of the German patent application No. 2315054 (abstract)**

**"Integrated semiconductor photodetector for multi-spectral photometry"**

This patent describes a multi-spectral semiconductor photodetector unit containing several photosensitive diodes, whose spectral sensitivity peaks at different wavelengths, respectively. The detector unit is made from a semiconductor material which acts both as detector and as spectral filter, i.e. there is no need to combine the single detectors with appropriate filters.

The epitaxially grown semiconductor layers enabling the detection consist of a ternary semiconductor such as  $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ , where the variation of the composition during the growth changes the fundamental band gap along the growth axis. An etching process or grinding tilted with respect to the growth axis provides access to semiconductor material with different band gap energy.

Several diodes (p-n-junctions or Schottky diodes) are fabricated on different positions on the semiconductor crystal in such manner that a series of detectors is obtained, where the fundamental band gap energy of the crystal continuously decreases when seen from the direction of the incident radiation.

Photons impinging onto the detector unit described mainly generate a photocurrent in photodiodes where the photon energy is close to the band gap energy of the semiconductor at the position of the photodiode. Photons having a higher energy are more likely to be absorbed by the preceding semiconductor material, whereas photons of lower energy are transmitted and may be absorbed by consecutive layers. Thus, each photodiode shows a narrow spectral characteristic, which is mainly determined by the length of the contacts along the growth axis. Moreover, the photodiodes exhibit short response time and have low dark current characteristics.

Such a detector enables the realization of a compact multi-spectral detector unit. For instance, a device containing detectors for 20 different spectral regions can be mounted in a housing of 8 mm in diameter and 4 mm in height. In addition, the device is mechanically robust and insensitive to temperature fluctuations.

51

Int. Cl. 2:

H 01 L 31/06

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

11

# Patentschrift 23 15 054

21

Aktenzeichen: P 23 15 054.1-33

22

Anmeldetag: 26. 3. 73

43

Offenlegungstag: 3. 10. 74

44

Bekanntmachungstag: 18. 5. 77

45

Ausgabetag: 5. 1. 78

Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

31

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung: Halbleiter-Photodetektor zur Vielfach-Spektralphotometrie

73

Patentiert für: Bleicher, Maximilian, Dr.-Ing., 6078 Neu-Isenburg

72

Erfinder: gleich Patentinhaber

55

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-AS 14 39 306

Elektronik, 1973, H. 2, S. A23

DE 23 15 054 C 3

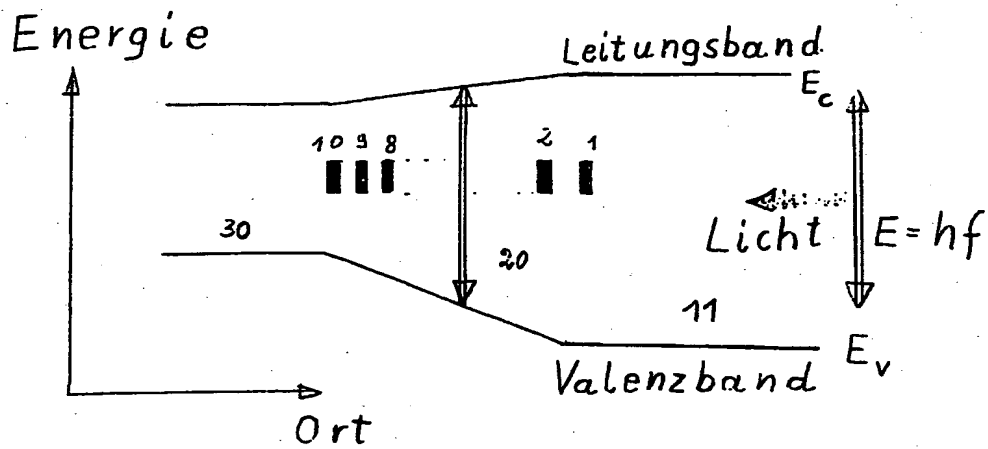


Bild 1

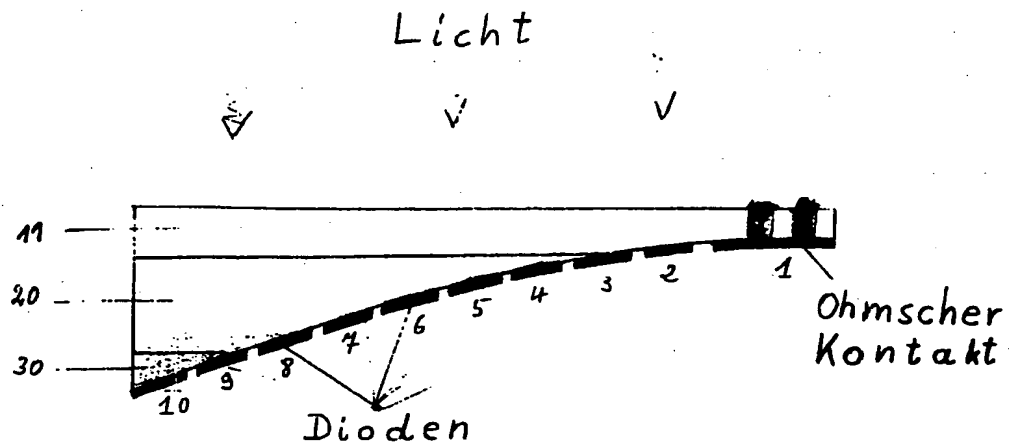


Bild 2

## Patentansprüche:

1. Halbleiter-Photodetektor zur Vielfach-Spektralphotometrie mit einem Halbleiterkörper aus einer ternären III-V-Verbindung, bei der sich das Verhältnis der Komponenten von der Strahleneintrittsfläche zur gegenüberliegenden Außenfläche des Halbleiterkörpers derart ändert, daß der Energiebandabstand im Halbleiterkörper einen der Einfallsrichtung der zu messenden Strahlung entgegengerichteten Gradienten besitzt, bei dem ferner der Halbleiterkörper einen ohmschen Kontakt und eine Anzahl von auf einer Außenfläche angeordneten nichtlinearen elektrischen Kontakten aufweist, von denen jeder einzelne in einem mit dem ohmschen Kontakt verbundenen äußeren Stromkreis gerade dann einen Strom erzeugt, wenn die Energie der einfallenden Strahlung dem Energiebandabstand des Halbleiterkörpers an der Stelle des nichtlinearen Kontaktes entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterkörper durch schräges Anschleifen und/oder Anätzen der der Strahleneintrittsfläche gegenüberliegenden Außenfläche an einem Ende sehr dünn ausgeführt ist, daß an der angeschrägten Fläche die nichtlinearen elektrischen Kontakte angebracht sind, und daß zur Ausbildung des ohmschen Kontaktes eine Metallverbindung durch das dünn ausgeführte Ende des Halbleiterkörpers hindurchgelegt ist, so daß der Anschluß des ohmschen Kontaktes auf der gleichen Außenfläche des Halbleiterkörpers liegt wie die Anschlüsse für die nichtlinearen Kontakte.
2. Halbleiter-Photodetektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die nichtlinearen elektrischen Kontakte als Metall-Halbleiterübergänge ausgebildet sind.

Die Erfindung betrifft einen Halbleiter-Photodetektor zur Vielfach-Spektralphotometrie nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Aufgrund ihrer äußerst kleinen Bauform und ausgeprägten mechanischen Robustheit (insbesondere Erschütterungsunempfindlichkeit) eignet sich die Erfindung speziell zum Einsatz in fliegenden Objekten (z. B. Satelliten, Flugzeugen). Beispielsweise kann die Erfindung bei meteorologischen Beobachtungen eingesetzt werden. Ebenso ist eine spektrale Beobachtung der Erdoberfläche möglich, wobei Boden- und Wasserbeschaffenheit sowie Erntezustände registriert werden können. Des weiteren ist die Erfindung auf dem Gebiet der optischen Nachrichtenübertragung als Empfänger einsetzbar. Ein besonderer Vorteil liegt hierbei in der äußerst kurzen Ansprechzeit (GHz-Bereich). Die Erfindung erlaubt ferner die Realisierung spezieller optoelektrischer Koppellemente, bei denen einzelne Sender Strahlung verschiedener Wellenlänge abgeben.

Bisher war zur Spektrometrie ein im Verhältnis zum Gegenstand der Erfindung unverhältnismäßig großes Gitter-, Prismen- oder Filterspektrometer zusammen mit entsprechenden Photodetektoren notwendig. Aus der Zeitschrift »Elektronik« (1973), Heft 2, Seite A23, ist ein miniaturisierter spektrometrischer Vielfachdetektor mit Filter bekannt. Bei diesem Konstruktionsmerkmal stellt die Herstellung und Aufbringung der Filter einen sehr aufwendigen Prozeß dar. Außerdem sind dadurch

der Baugröße Schranken gesetzt.

Ein Halbleiter-Photodetektor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist aus der deutschen Auslegeschrift 14 39 306 bekannt. Durch die Konstruktion des in dieser Auslegeschrift beschriebenen Detektors ist aufgrund der geometrischen Abmessungen des aktiven Halbleiterkörpers Größe und Zahl der nutzbaren Kontaktflächen eingeschränkt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Halbleiter-Photodetektor der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art zu schaffen, der bei möglichst kleiner Bauform ein optimales spektrales Auflösungsvermögen aufweist und ein möglichst großes Ausgangssignal liefert.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 genannten Maßnahmen gelöst.

Die dadurch bedingte Angleichung des Halbleiterkörpers an die Energie des zu detektierenden Lichtes (oder Strahlung) bringt den weiteren Vorteil sehr geringer Dunkelströme.

Herstellungstechnisch gesehen können die elektrischen Detektordioden des Halbleiter-Photodetektors nach der Erfindung sowohl als diffundierte, legierte oder ionenimplantierte pn-Übergänge als auch als Metall-Halbleiter-Übergänge (sogenannte Schottky-Dioden) ausgeführt werden. Letzteres bringt den Vorteil einfacher Produktionsweise sowie besonders kurzer Ansprechzeiten der Detektoren.

Durch das Anschleifen wird die zur Anbringung von Kontakten zur Verfügung stehende wirksame Fläche des Halbleiterkörpers so weit vergrößert, daß Signale entstehen, die mit üblichen Verstärkern weiterverarbeitet werden können. Es wird daher ermöglicht, eine optimale Anzahl von Kontakten anzubringen.

Weitere elektronische Bauteile können entweder auf dem gleichen Halbleiterkörper wie der Detektor nach der Erfindung oder im gleichen Gehäuse untergebracht werden.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile sind insbesondere in der erreichbaren Miniaturisierung und der einfachen Herstellungsmöglichkeit zu sehen. Beispielsweise lassen sich Detektoren für etwa zwanzig verschiedene Spektralbereiche in einem Gehäuse mit einem Durchmesser von 8 mm und einer Bauhöhe von 4 mm ohne Schwierigkeiten unterbringen. Ein weiterer Vorteil der Detektoren gemäß der Erfindung ist ihre mechanische und temperaturmäßige Stabilität.

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung näher erläutert:

Die Strahlung der Energie  $E = hf$  trifft auf einen Bereich eines Halbleiterkörpers mit konstanter größerer Energielücke (Bereich 11); die Energielücke des Halbleiterkörpers nimmt im darauffolgenden Bereich 20 stetig ab, um im Bereich 30 einen konstanten kleineren Wert anzunehmen. Strahlung, deren Energie  $E = hf$  kleiner als die Energielücke des Halbleiterkörpers ist, durchdringt diesen, ohne entscheidend absorbiert zu werden; wird ihre Energie dagegen nur wenig größer als die Energielücke des Halbleiterkörpers, so steigt die Absorption der Strahlung nahezu sprunghaft an (Absorptionskante), und die absorbierte Energie wird verbraucht, um im Halbleiterkörper freie Ladungsträger (Elektron - Loch - Paare) zu erzeugen. Diese Ladungsträger wiederum bewirken über einen nichtlinearen elektrischen Kontakt (Diode) einen Stromfluß in einem äußeren elektrischen Kreis. Werden nun besagte nichtlineare Kontakte örtlich längs des Halbleiterkör-

pers (Bereich 20) mit örtlich variierender Energielücke aufgebracht, so wird von jedem einzelnen Kontakt gerade dann ein Strom erzeugt, wenn die Energie der einfallenden Strahlung gerade der Energielücke des Halbleiterkörpers an der Stelle des Kontaktes entspricht. Strahlung mit höherer Energie wird örtlich bereits vorher, solche mit niedrigerer Energie erst später absorbiert. Somit ist jedem Kontakt (Detektor) eine feste Wellenlänge der Strahlung exakt zugeordnet. Eine »Verschmierung« (Bandbreite) resultiert primär aus der räumlichen Ausdehnung der Kontakte in Richtung der variablen Energielücke des Halbleiterkörpers.

Bild 2 zeigt eine Ausführungsform, wobei die

Bereiche 11, 20 und 30 den oben erwähnten und in Bild 1 dargestellten entsprechen. Kontakt Nr. 1 wurde als durchlegierter ohmscher Kontakt ausgeführt, wie weiter oben beschrieben. Typische Abmessungen des Halbleiterkörpers sind: Länge = 4 mm, Breite = 1 mm, Dicke = 20 bis 100  $\mu\text{m}$ .

Bild 3 gibt die relative spektrale Empfindlichkeit wieder. Es handelt sich dabei um die Messung eines verwirklichten Aufbaus; eine Verschmälerung der Spektralkurven ist durch verfeinerte Herstellung ohne weiteres erreichbar. Der von dem Detektor erfassbare Wellenlängenbereich ist nur von der Art des verwendeten Halbleitermaterials abhängig.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

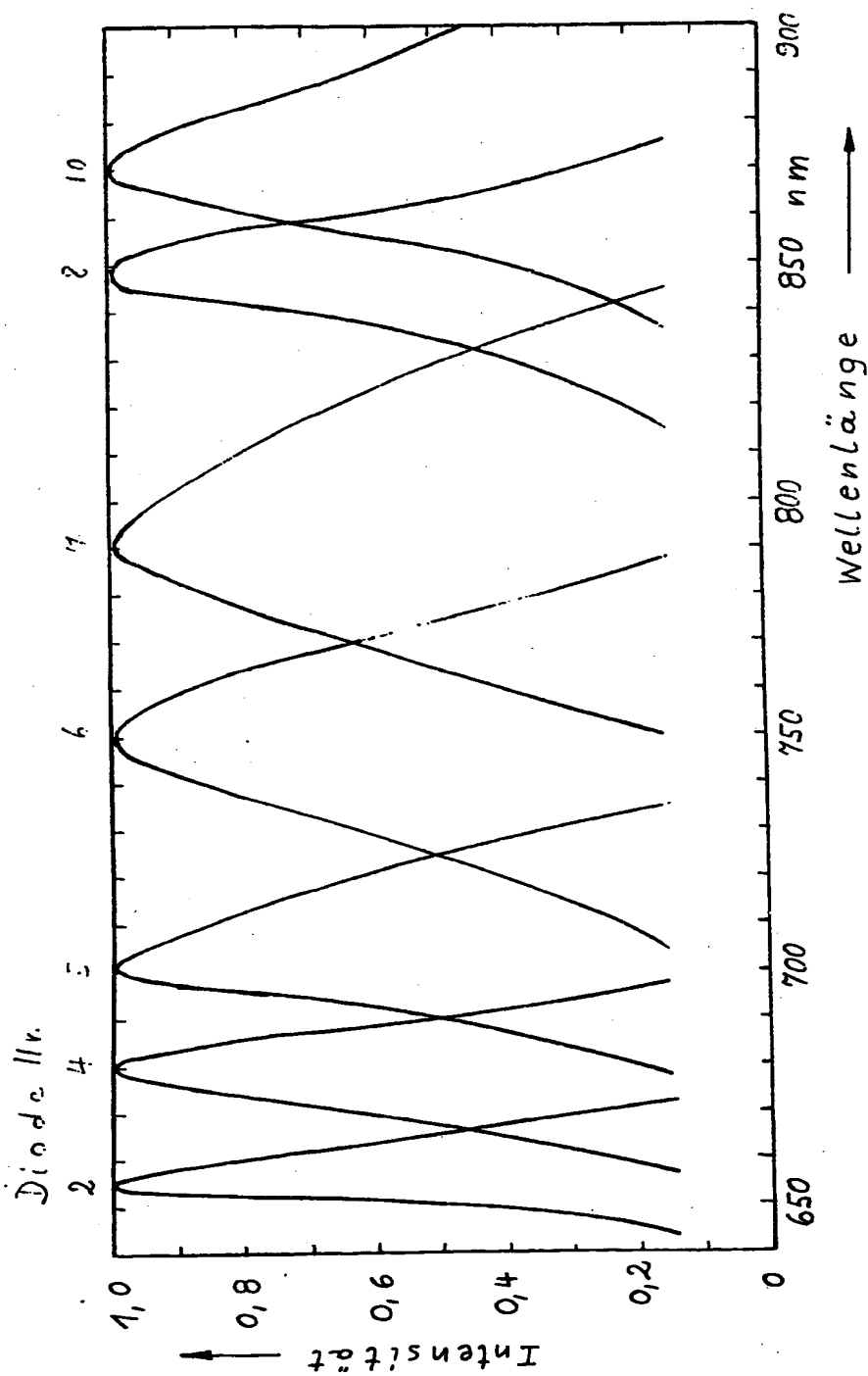


Bild 3